5.9 VUELO RECTO Y NIVELADO.

Volar recto y nivelado es justamente lo que su nombre indica: mantener el avión en la dirección establecida mientras se mantiene una altitud constante. El desarrollo de esta habilidad es esencial durante todo el entrenamiento por lo que es importante establecer desde el comienzo unos hábitos correctos.

Volar de forma estable parece sencillo desde el suelo, pero una vez en el aire el futuro piloto podrá comprobar lo fácil que resulta encontrarse con unos pies de más o de menos, o que no es tan sencillo mantener una velocidad concreta sin perder o ganar altitud. No es que mantener el vuelo recto y nivelado sea complicado, pero tampoco es tan simple como pudiera creerse.

Volar recto y nivelado requiere dos cosas: (a) mantener una altitud constante y (b) seguir una trayectoria rectilínea. Veamos cada una de estas tareas por separado.

5.9.1 Altitud constante.

Es obvio que volar con altura y velocidad constantes requiere el equilibrio de dos pares de fuerzas opuestas: empuje/resistencia y sustentación/peso. Como veremos a lo largo de este capítulo, este balance de fuerzas se puede lograr bajo distintas combinaciones de cabeceo y potencia, es decir, se puede volar recto y nivelado con diferentes velocidades.

Sabemos que en vuelo recto y nivelado, cuanto mayor sea la velocidad mayor es la resistencia parásita y menor es la resistencia inducida (1.3.6). El comportamiento de ambas resistencias en función de la velocidad se muestra en la fig.5.9.1, así como la curva que representa la resistencia agregada o total, o lo que es lo mismo el empuje o tracción necesarios para vencer dicha resistencia.
Como a medida que aumenta la velocidad, la resistencia parásita crece mientras que la inducida disminuye, hay un punto en que el total de las dos es el menor posible, punto que viene marcado en el gráfico como velocidad Vy, no casualmente, sino porque esta suele ser la velocidad de menor resistencia. Volar con alguna velocidad superior o inferior a Vy implica mayor resistencia.

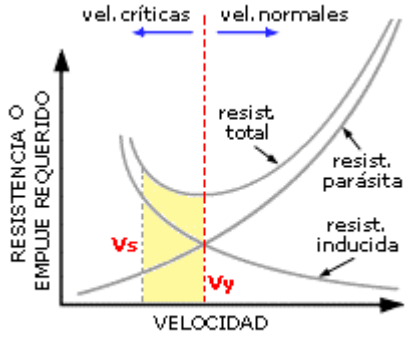

Fig.5.9.1 - Curva típica de resistencia.

Como la velocidad y el ángulo de ataque están relacionados de forma inversamente proporcional, la menor velocidad del gráfico corresponde al ángulo de ataque mayor. En el mismo gráfico, las velocidades desde Vy hasta la velocidad de pérdida (Vs), corresponden a aquellas en que el elevado ángulo de ataque y la poca velocidad las hace especialmente "críticas", entendiendo este término no como presagio de un desastre sino por la especial atención que debe mantener el piloto en este régimen de vuelo. En este capítulo nos atendremos al régimen de velocidades "normales" dejando para más adelante el régimen "crítico" (velocidad mínima controlable, de pérdida inminente, de pérdida efectiva, etc...).

Dado que en vuelo recto y nivelado no acelerado, el empuje o tracción debe igualar a la resistencia, si tomamos el gráfico anterior y donde ponía RESISTENCIA ponemos EMPUJE obtenemos el gráfico de empuje requerido en función de la velocidad (1).

Potencia. La fig.5.9.2 muestra una parte de la ya conocida curva de potencia (la correspondiente a velocidades "normales"), en la cual se puede ver la cantidad de potencia necesaria para contrarrestar la resistencia producida a diferentes velocidades. En este gráfico, la velocidad máxima en vuelo nivelado viene dada por la intersección de la curva con la tracción o empuje máximo desarrollado por el sistema propulsor. Vy representa como sabemos la velocidad de menor resistencia, volar por encima o por debajo de esa velocidad requiere mayor potencia que volar con Vy. La velocidad mínima no está usualmente relacionada con la potencia sino que predominan los factores de pérdida y estabilidad.

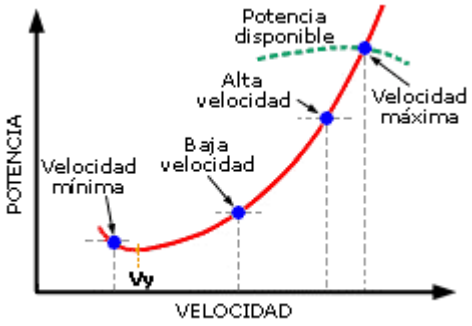

Fig.5.9.2 - Potencia vs. velocidad.

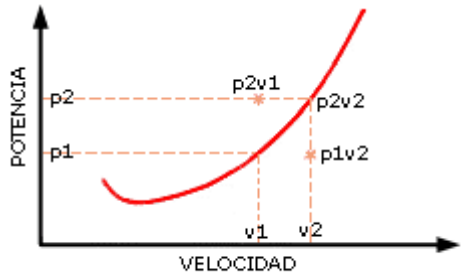

Fig.5.9.3 - Relación potencia/velocidad.

Tomando como referencia el gráfico de la fig.5.9.3, supongamos que estamos volando recto y nivelado con una velocidad concreta (v1) y queremos acelerar el avión hasta una velocidad más alta (v2). Lo primero que se nos ocurre instintivamente es que se necesita añadir más energía al sistema, abrimos gases (pasamos de p1 a p2). Correcto. Pero sabemos que manteniendo la misma velocidad el avión empleará la energía excedente de vencer la resistencia para ascender (p2v1), y lo que queremos es acelerar manteniendo el nivel de vuelo ?que hacer?. Muy sencillo, la propia curva lo sugiere, pasar al punto p2v2, o sea seleccionar la velocidad v2.

Y ¿como seleccionar esa velocidad?. Pues como siempre, actuando sobre al ángulo de ataque, en este caso concreto reduciéndolo. De la misma manera, para reducir la velocidad manteniendo el nivel de vuelo (pasar de v2 a v1) será necesario reducir gases (de p2 a p1) e incrementar el ángulo de ataque.
Tenemos por tanto que el vuelo nivelado puede sostenerse a distintas velocidades, desde una velocidad baja hasta una velocidad muy alta, cada una de las cuales requiere una combinación específica de potencia y actitud. Estos regímenes de vuelo pueden ser agrupados "grosso modo" en tres categorías: baja velocidad, crucero y alta velocidad.

La fig.5.9.4 muestra estos tres casos mediante la relación entre ángulo de ataque y velocidad. Aunque los números de esa figura solo son un ejemplo, el ángulo de ataque de 3º con alta velocidad podría corresponder perfectamente a una actitud de 1º por debajo del horizonte si las alas tuvieran una incidencia de 4º. Recordemos que Actitudº + Incidenciaº = Ascensoº + Ataqueº, lo que en este caso daría: -1º + 4º = 0º + 3º. En base a esta relación, la actitud en los otros dos casos de la figura sería de 2º (crucero) y 8º (baja velocidad) de morro arriba.

Fig.5.9.4 - Relación entre ángulo de ataque y velocidad en vuelo recto y nivelado.

Un razonamiento adicional. La fórmula de la sustentación (1.3.2) sabemos que es: **L=CL*q*S** siendo **CL** el coeficiente de sustentación, dependiente del tipo de perfil y del ángulo de ataque; **q** la presión aerodinámica (igual a **1/2dv²**) y **S** la superficie alar. Para mantener constante el valor de la sustentación **L**, si se incrementa o disminuye uno de los factores de la fórmula (p.ejemplo la velocidad *v)* debe aumentarse o disminuirse de forma proporcional el otro (el coeficiente de sustentación **CL**) y viceversa.

Según lo detallado, parece quedar claro que el vuelo nivelado requiere el uso *simultáneo* de dos controles: la palanca de gases para aumentar o disminuir la potencia y el volante de control para modificar el ángulo de ataque. Aunque no sea muy exacta, conviene recordar el significado de la regla de oro: "Potencia + Actitud = Rendimiento" (5.1.2).

Cuando se incrementa la potencia, el desplazamiento algo hacia arriba del eje propulsor, más el exceso de potencia necesaria para contrarrestar la resistencia actual, provocará en el avión un levantamiento del morro y su consiguiente ascenso. Por tanto, cuando abra potencia compense este efecto bajando el morro lo suficiente para que con la nueva actitud el avión acelere en lugar de ascender.
Por supuesto, disminuir la potencia tiene el efecto contrario, el aeroplano tenderá a bajar el morro y descender; en este caso tire del volante de control para elevar un poco el morro y mantener la actitud.
En definitiva, cuando necesite realizar ajustes de potencia para incrementar o disminuir la velocidad, tenga en cuenta que también deberá ajustar la actitud de morro para mantener el nivel de vuelo.

5.9.2 Seguir la dirección de vuelo.

Volar en una dirección concreta es algo más sencillo que conservar constantes altitud y velocidad. La tarea principal del piloto en este caso es poner al avión en la dirección deseada y mantener el aeroplano con las alas niveladas respecto al horizonte; cualquier grado de alabeo (si vuela coordinado) provocará la inclinación de la fuerza de sustentación (5.7.1) y la entrada del aeroplano en una trayectoria curvilínea.

5.9.3 Tomar referencias.

Para encontrar la actitud de vuelo adecuada (altitud constante), busque un punto de referencia en el cristal del avión en línea con el horizonte y sus ojos y manténgalo constante; también puede servir como referencia una distancia/ángulo entre el capó del motor y el horizonte. El instrumento más preciso para chequear si esa actitud mantiene el nivel de vuelo, es el altímetro, compruébelo de forma regular y si muestra un cambio de altura reajuste su actitud respecto al horizonte: si gana altura la actitud de morro es excesiva, bájelo; si la está perdiendo la actitud de morro es insuficiente, súbalo.

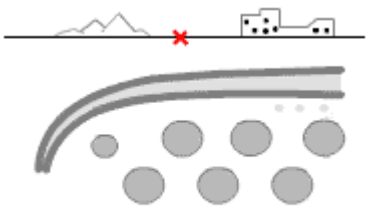

Fig.5.9.5 - Referencia frontal

El variómetro también proporciona información al respecto, pero tarda entre 6 y 8 segundos en dar información fiable, y en aire algo turbulento su información no sirve para mucho. Otro instrumento que aporta información aunque de forma indirecta es el anemómetro; a menos que esté acelerando o decelerando debería marcar una velocidad constante: si el avión gana velocidad es que la actitud de morro es baja; si pierde velocidad la actitud es de morro alto.
El horizonte artificial muestra la actitud de morro del avión respecto al horizonte real, pero esta información no dice (al menos directamente) si mantenemos el nivel de vuelo, puesto que como hemos visto se puede volar nivelado con diferentes combinaciones de actitud y potencia.

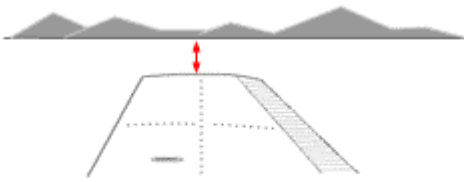

Fig.5.9.6 - Referencia lateral.

Para mantener la dirección de vuelo (rumbo constante), elija como referencia dos o más puntos directamente en su línea de visión y mantenga el morro alineado con esos puntos. Es aconsejable comprobar que el avión vuela lateralmente nivelado chequeando visualmente la posición de la punta de las alas con respecto al horizonte, ambas deben estar equidistantes arriba o abajo del mismo (dependiendo si el avión es de plano alto o plano bajo). Además de acostumbrar al piloto a volar por referencias tiene la ventaja de que amplía su campo de visión.

El mejor instrumento para mantener un vuelo recto es el indicador de dirección; cualquier pequeño alabeo provocará en este instrumento un cambio de rumbo. No olvide calar este instrumento con la brújula en el chequeo prevuelo, después de un viraje, ascenso o descenso, o de una forma regular cada cuarto de hora por ejemplo. Ya sabe que debe calarlo con la brújula cuando esta proporcione una lectura estable.
El horizonte artificial también puede proporcionar información al piloto, tanto por la posición del avioncito miniatura como en la escala graduada de alabeo, aunque puede resultar difícil apreciar variaciones pequeñas. También se puede consultar el indicador de giro y coordinación, cuyo avión miniatura tendrá las alas niveladas si el vuelo es recto, o desniveladas si el avión está girando, aunque en caso de aire algo turbulento este indicador se vuelve impreciso.

Normalmente, la intención del piloto será cubrir un tramo de su ruta de la forma más eficiente posible, y para eso intenta seguir una línea recta que es la distancia más corta entre dos puntos. Pero en el aire basta un ligero viento de través para que el avión se desvíe del punto de destino (deriva), o un pequeño alabeo para que el avión no vuele rectilíneo. El piloto puede controlar el alabeo pero no el viento de costado, así que para no desviarse del punto de destino tiene dos opciones: a) corregir la deriva seleccionando un rumbo mayor o menor según la fuerza del viento; b) poner el rumbo deseado, elegir un punto en el horizonte frente a el y mantener el morro enfilado a ese punto, chequeando con el indicador de dirección ocasionalmente para comprobar que vuela en la dirección adecuada.

Recuerde lo dicho en 5.1.5: no sea forofo de los instrumentos y acostúmbrese a volar siempre que pueda sirviéndose de referencias exteriores, chequeando con los instrumentos lo correcto de las maniobras.

5.9.4 Cambiar de velocidad.

Incrementar la velocidad. Para aumentar la velocidad aumente el paso de gases suavemente hasta las r.p.m. estimadas, este atento a corregir la guiñada adversa y baje el moro paulatinamente para mantener la altitud a medida que la velocidad crece. Mantenga la dirección de vuelo. Cuando alcance la velocidad deseada reajuste la potencia si es necesario y compense el avión.

Reducir la velocidad. Para reducir la velocidad corte gases suavemente hasta las r.p.m. estimadas para esa velocidad. Este atento a corregir cualquier intento de guiñada adversa. De forma simultánea, tire del volante de control para mantener la altura deseada. Mantenga la dirección de vuelo. Al principio necesitará poco volante atrás pero a medida que la velocidad vaya decreciendo necesitará ir incrementando la presión atrás paulatinamente. Cuando haya alcanzado la velocidad deseada reajuste la potencia si hace falta y compense el avión

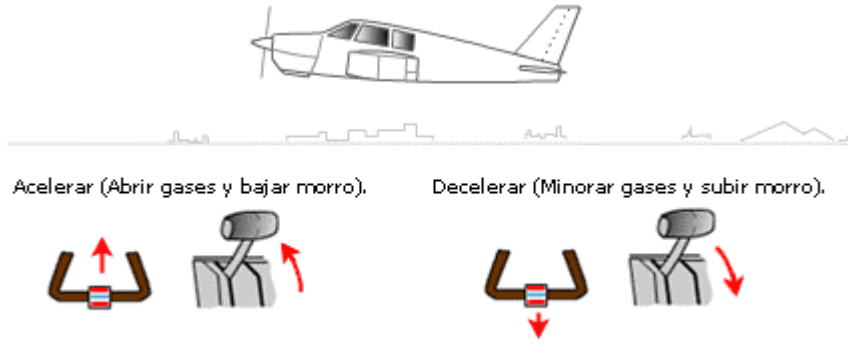

Fig.5.9.7 - Acelerar/decelerar manteniendo altitud.

Aumentar y disminuir la velocidad no es un ejercicio de entrenamiento vano. Normalmente, en vuelo de crucero Vd. pondrá la potencia recomendada por el fabricante para este caso, o alguna muy próxima que le interese, y volará con la velocidad que desarrolle dicha potencia, unas veces algo más alta o más baja que otras, dependerá de las condiciones atmosféricas, del peso, etc...
Pero llegando a su punto de destino y sobre todo al entrar en el circuito de aproximación es muy posible que haya otros aviones delante del suyo preparándose para aterrizar, no es Vd. el primero. Y todos los aviones no son iguales, unos desarrollan mas velocidad que otros, y Vd. debe ajustar su velocidad al menos por dos razones:

1. Mantener una distancia de seguridad adecuada con los aeroplanos que le preceden.
2. Hasta que los precedentes no hayan aterrizado y estén fuera de la pista, la torre no le dará permiso para aterrizar. Así que guarde una distancia adecuada con los que le anteceden si no quiere que la torre le conmine a realizar un "motor y al aire". Y vuelta a realizar el circuito.

Igualmente procure mantener buenos hábitos en mantener la altitud. En vuelo de crucero puede ser algo irrelevante que esté unos pocos pies por encima o por debajo de la altitud deseada, pero en una zona de tráfico intenso o aproximándose a su destino, y mucho más en circuito de tráfico, resulta muy desagradable tener que estar vigilando el espacio arriba y abajo porque no se respeten de forma escrupulosa las altitudes señaladas. Si se mantiene cien pies por encima o por debajo de la altitud debida no va a salir un caza a derribarlo, pero está poniendo en riesgo su seguridad y la de otros. Mantener la altitud es cuestión de seguridad, facilita que otros tráficos nos vean y que los veamos a ellos.

Compensador. El secreto para mantener la velocidad y/o la altura radica en un uso adecuado del compensador. Cuando adquiera una nueva actitud de vuelo, no trabaje de forma inútil con los mandos, compense el avión. Salvo que tenga una gran experiencia, es raro que el movimiento sobre los mandos sea el exactamente requerido, normalmente tendrá que realizar pequeños ajustes. Pues bien, cuando crea tener la velocidad deseada compense el avión, dele un poco de tiempo a adaptarse a la nueva situación, reajuste y vuelva a compensar. Si los aviones se volaran con el compensador no necesitarían otros mandos, así que no caiga en el mal hábito de volar con el compensador. Los mandos no solo controlan el avión sino que a través de ellos podemos sentir el desarrollo del vuelo (esto no es algo metafísico, sino que tiene que ver con la presión que ejerce el flujo de aire y las fuerzas desarrolladas sobre las superficies aerodinámicas).

5.9.5 Generalidades.

A lo largo de este capítulo, cuando se menciona abrir o cerrar gases se parte del supuesto de un avión equipado con hélice de paso fijo. Si el avión tiene hélice de paso variable o constante, debe manejar la palanca de gases y la de paso de hélice, recordando la regla del más valiente: "el paso de hélice es el primero en entrar y el último en salir". Para aumentar potencia primero mueva la palanca de paso y después la de gases, y para disminuir potencia al revés, primero se baja la palanca de gases y después la del paso de hélice.

Un defecto común a los aspirantes a piloto o poco experimentados es que en su deseo por controlar el avión se exageran los movimientos sobre los mandos (sobremando) con lo cual lo único que se consigue es interferir con la estabilidad básica del avión. Paciencia, no hay ninguna fórmula de cuanta cantidad de presión es necesaria sobre cada mando en cada momento, solo hace falta práctica.

A medida que gane experiencia, no tendrá ningún problema en establecer una actitud de vuelo de crucero observando la relación entre alguna parte de su aeroplano, normalmente el morro del avión y la punta de las alas, con el horizonte real.

Es normal que durante el vuelo ocurran pequeñas variaciones en velocidad, altura o rumbo. Si el avión comienza a ganar o perder altitud, realice pequeñas correcciones en la posición de cabeceo y/o la potencia, y ajuste el compensador para que el avión termine volando "sin manos". Si es el rumbo lo que varía, aplique alerones y timón de dirección (pedal) para nivelas las alas.
En algunas ocasiones el avión tiende a virar a la izquierda debido a que el piloto descansa su brazo de forma inconsciente sobre el volante de control, lo mismo que cuando se conduce un automóvil con la mano izquierda y el brazo apoyado en la puerta o la ventanilla.

Mantenga las alas niveladas y aplique si es necesario una ligera presión sobre el pedal derecho para corregir la guiñada adversa. La principal fuente de guiñada adversa se debe al flujo de aire rotatorio de la hélice incidiendo sobre un lado del fuselaje y sobre el empenaje vertical. Aunque los diseños tratan de minimizar este efecto, sobre todo en vuelo de crucero, cuando abra o corte gases puede que el flujo sea mayor o menor de lo previsto así que este prevenido a corregir este efecto. Si permite que el avión alabee este comenzará a virar en la dirección del ala abajo desviándose de su rumbo.

No hace falta que mantenga una tensión insoportable pero tampoco se duerma: "*es mejor realizar un pequeño ajuste ahora que uno mayor más tarde*".

En aire no turbulento, volar recto y nivelado requiere un mínimo de control si el avión está bien compensado, pero en aire turbulento será necesario un mayor esfuerzo con los controles y una mayor coordinación para mantener rumbo, velocidad y altitud.

Sumario.

- El vuelo recto y nivelado consiste en mantener el avión en la dirección establecida, con las alas lateralmente niveladas mientras se mantiene una altitud constante.
- Altura y velocidad constantes implican el equilibrio de dos pares de fuerzas opuestas: empuje/resistencia y sustentación/peso. Este equilibrio se puede lograr con distintas combinaciones de potencia y cabeceo.
- En función de la velocidad desarrollada en vuelo nivelado, se puede realizar una agrupación en tres categorías: baja velocidad, crucero y alta velocidad. Cada una de ellas supone distintos parámetros de potencia y actitud.
- Volar recto y nivelado requiere el uso *simultáneo* de dos controles: la palanca de gases para aumentar o disminuir la potencia y el volante de control para modificar el ángulo de ataque.
- Para acelerar hay que aumentar la potencia y disminuir el ángulo de ataque; para decelerar hay que disminuir potencia y aumentar el ángulo de ataque. Potencia y actitud están interrelacionadas; un cambio de potencia implica un cambio de actitud y viceversa.
- La lectura del altímetro proporciona al piloto la mejor indicación sobre el seguimiento del nivel de vuelo.
- A menos que esté acelerando o decelerando, el anemómetro debe marcar una velocidad constante. Si aumenta es que el morro está bajo, súbalo; si disminuye es que la actitud es de morro arriba, bájelo.

- Para conservar la dirección de vuelo la tarea más importante es mantener el aeroplano con las alas niveladas respecto al horizonte, cualquier grado de alabeo (si vuela coordinado) debe resultar en una desviación del vuelo recto y un cambio en la dirección de vuelo.
- El mejor instrumento para mantener un vuelo recto es el indicador de dirección; cualquier alabeo por pequeño que sea provocará en este instrumento un cambio de rumbo.
- Acostúmbrese a volar por referencias y chequear con los instrumentos. Para mantener el nivel de vuelo, elija un punto de referencia en el morro del avión y manténgalo constante respecto al horizonte; compruebe que la punta de las alas equidistan arriba o abajo del horizonte; una vez puesto el rumbo elija una referencia enfrente y vuele hacia ella.
- No haga esfuerzos inútiles, el secreto para mantener la velocidad y/o la altura radica en un uso adecuado del compensador.
- Recuerde que: "*es mejor realizar un pequeño ajuste ahora que uno mayor más tarde*".

© M.A.Muñoz Dic/2001

---

(1). Aunque en este "manual" se utilizan indistintamente los términos "empuje" y "potencia", bajo el punto de vista de la física, ambos no son sinónimos. Empuje significa trabajo mientras que potencia es trabajo por unidad de tiempo. Por poner un ejemplo, un automóvil acelera de 0 a 100 km/h en un tiempo mientras que otro más potente acelera lo mismo pero en menos tiempo.